



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer : **0 123 277 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift :  
**05.04.89**

(51) Int. Cl.<sup>4</sup> : **B 06 B 1/06, B 05 B 17/06**

(21) Anmeldenummer : **84104426.6**

(22) Anmeldetag : **18.04.84**

(54) Verfahren zum Betrieb eines Ultraschall-Schwingers zur Flüssigkeitszerstäubung.

(30) Priorität : **22.04.83 DE 3314609**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
**31.10.84 Patentblatt 84/44**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung : **05.04.89 Patentblatt 89/14**

(84) Benannte Vertragsstaaten :  
**AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE**

(56) Entgegenhaltungen :  
**EP-A- 0 036 186**  
**DE-A- 3 013 964**  
**FR-A- 2 195 172**  
**FR-A- 2 311 595**

(73) Patentinhaber : **Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**D-8000 München 2 (DE)**

(72) Erfinder : **Mágori, Valentin, Dipl.-Phys.**  
**Limburgstrasse 17**  
**D-8000 München 90 (DE)**

**EP 0 123 277 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).



## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der deutschen Patentschrift 20 32 433 ist ein Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber bekannt, der mit elektrischer Wechselspannung mit einer Frequenz von z. B. 100 kHz gespeist wird. Zum Zwecke der Umwandlung elektrischer in mechanische Energie hat der Schwinger des Zerstäubers einen Anteil aus piezoelektrischer Keramik.

Im Handel ist ein Inhalationsgerät der Fa. Siemens mit der Bezeichnung « Mikroinhalator », in dem sich ein Flüssigkeitszerstäuber nach der obengenannten Patentschrift befindet. In diesem Gerät ist auch eine elektrische Anregungsschaltung enthalten, die die Speise-Wechselspannung liefert.

Weitere Anwendungen eines Flüssigkeitszerstäubers der obengenannten Art ist z. B. die Heizöl-Zerstäubung für Heizölbrenner.

In allen Anwendungsfällen eines wie obengenannten Flüssigkeitszerstäubers mit einem Ultraschall-Schwinger war darauf zu achten, daß die der schwingenden Arbeitsplatte zuzuführende und insbesondere die an dieser Platte anhaftende Flüssigkeitsmenge niemals groß war, weil sonst das einwandfreie Schwingen des Schwingers und insbesondere dieser Arbeitsplatte behindert würde.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Maßnahmen anzugeben, mit denen das Problem der Behinderung der Schwingung des Flüssigkeitszerstäubers bei übermäßiger Flüssigkeitsmenge behoben wird.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 erfindungsgemäß mit Hilfe der Merkmale des Kennzeichens des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Zum Betrieb des Ultraschall-Wandlers eines wie oben erörterten Flüssigkeitszerstäubers wird eine elektronische Anregungsschaltung benötigt, die den Schwinger auch unter ungünstigen Betriebs (Anschwing-)bedingungen derart in Betrieb zu setzen vermag, daß tatsächlich Flüssigkeitszerstäubung auftritt. Eine solche ungünstige Betriebsbedingung ist z. B., daß an der Arbeitsplatte des Zerstäubers ein Flüssigkeitstropfen haftet, der die Schwingung dieser Arbeitsplatte und damit die Schwingung des ganzen Ultraschall-Schwingers behindert. Bisher wurde als Abhilfe dagegen ein so hoher Leistungsüberschuß an elektrisch eingespeister Dauerleistung vorgesehen, daß auch solche übermäßige Bedämpfung des Schwingers bewältigt wird. Dies hat aber den Nachteil, daß insbesondere bei einem Ausfall der Flüssigkeitszufuhr der Schwinger dann zerstört wird, weil im Ergebnis thermische Überlastung desselben auftritt.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, daß ein völlig neues Betriebsverfahren für einen

solchen Flüssigkeitszerstäuber gefunden werden muß, um die anstehenden Probleme zu lösen. Das Konzept dieses neuen Verfahrens ist, den mit einer relativ hochfrequenten Wechselspannung zu speisenden Schwinger statt wie bisher kontinuierlich jetzt mit relativ niedriger Frequenz (20 bis 100 Hz) repetitiver, insbesondere periodisch, getaktet zu speisen. Zum sicheren Anschwingen des Schwingers und damit zum sicheren Anlaufen des Zerstäubungsvorgangs wird während eines ersten Zeitintervalls  $\Delta t_1$  eine so hohe elektrische (Spitzen-)Leistung zugeführt, daß der Schwinger selbst bei starker Bedämpfung durch z. B. anhängende Tropfen sicher anschwingt. Während eines nachfolgenden zweiten Zeitintervalls  $\Delta t_2$  wird wesentlich niedrigere elektrische Leistung bzw. gar keine Leistung mehr zugeführt. Das Taktverhältnis von  $\Delta t_1$  zu  $\Delta t_2$ , die absoluten Zeitdauern der Zeitintervalle und die Werte der in den Zeitintervallen zugeführten elektrischen Leistungswerte sind aufeinander so abgestimmt bemessen, daß die sich aus der integral ergebenden mittleren zugeführten elektrischen Leistung resultierende thermische Belastung des Schwingers nicht unzulässig hoch wird und dennoch entsprechende Flüssigkeitsmenge zerstäubt wird.

Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ist, für die Zeitintervalle  $\Delta t_1$  und  $\Delta t_2$  eine derartige Repetition vorzusehen, bei der Gruppen, jeweils bestehend aus mehreren aufeinanderfolgenden, den Zeitintervallen  $\Delta t_1'$  entsprechenden Takten, periodisch aufeinanderfolgen. Vorzugsweise wird die Frequenz der Aufeinanderfolge der Gruppen gleich der schon obengenannten Taktfrequenz mit z. B. 20 bis 100 Hz gewählt. Mit einer Taktfrequenz eines solchen Frequenzwertes läßt sich erreichen, daß ein an der schwingenden Arbeitsplatte anhaftender Flüssigkeitstropfen — je nach Konsistenz und Adhäsionskraft des Materials dieses Tropfens — in eine Schwingbewegung auf der Oberfläche dieser Arbeitsplatte gebracht wird. Während der Phase des Schwingens der Arbeitsplatte zieht sich ein solcher Flüssigkeitstropfen vorzugsweise im Zentrum dieser Platte zusammen. Bei Abklingen der Schwingamplitude bzw. Ruhe der Arbeitsplatte verteilt er sich dagegen gleichförmig bis zu dem Rand der Platte über deren ganzer Oberfläche oder hängt bei nichthorizontaler Lage der Oberfläche der Platte mehr oder weniger am Randbereich der Platte.

Anstelle eines — bezogen auf die Periodendauer einer 10 bis 100 Hz-Schwingung — längeren Zeitintervalls  $\Delta t_1$  ist es vorteilhaft, die bereits oben erwähnten Impulsgruppen vorzusehen, nämlich mehrere Impulse mit jeweils kürzeren Zeitintervallen  $\Delta t_1'$  aufeinanderfolgen zu lassen und die Länge des einzelnen Zeitintervalls  $\Delta t_1'$  so kurz zu wählen, daß  $\Delta t_1' = 25$  bis 200 % der Betriebs-Anschwingzeitkonstanten  $\tau$  des Schwingers ist. Diese Bemessung hat den überraschenden Vorteil, daß in einem derart kurz bemessenen Zeitintervall  $\Delta t_1'$  die Anschwing-Steilheit des Schwingers



als lastunabhängig erscheint. Diese Anschwingzeitkonstante beträgt z. B. 1 ms für einen Schwinger mit 100 kHz Schwingfrequenz.

Besonders wenig aufwendig ist es, die Repetitionsfrequenz bzw. die Periodenfrequenz für das Aufeinanderfolgen der Gruppen von Anregungstakten der Netzfrequenz zu entnehmen. Hierfür genügt es, ungesiebt gleichgerichtete Wechselspannung des Netzes zur Speisung der Anregungsschaltung zu verwenden.

Bei Schwingungsanregung des Schwingers mit kurzen Zeitintervallen  $\Delta t_1$  in der Größe von 25 bis 200 % der Anschwingzeitkonstanten erreicht die Schwingungsamplitude des Schwingers nicht die Höhe der Endamplitude der Schwingung, sondern der Anstieg bricht bei einem vorgebbaren Wert einer oberen Schwelle  $S_1$  ab. Im nachfolgenden zweiten Zeitintervall  $\Delta t_2$ , in dem Speisung mit geringerer oder keiner elektrischen Leistung erfolgt, klingt diese Schwingung dann auf einen unteren vorgebbaren Schwellenwert ab. Es läßt sich damit ein sägezahnartiger zeitlicher Verlauf der Schwingungsamplitude des Schwingers erreichen. Damit wird einerseits stets zuverlässig Schwingungsanregung und Flüssigkeitszerstäubung, und zwar auch unter ungünstigsten Anschwingbedingungen, erreicht, und andererseits kann die mittlere thermische Belastung des Schwingers selbst für den Fall des Trockengehens desselben auf einem genügend niedrigen Maß gehalten werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren getakter Zuführung der elektrischen Anregungsleistung für das Schwingen des Ultraschall-Schwingers kann eine besonders vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung realisiert werden, nämlich Steuerungs- und/oder Kontrollmaßnahmen durchzuführen. Wenn man im zweiten Zeitintervall  $\Delta t_2$  dem Schwinger keine elektrische Leistung zuführt, erfolgt das Abklingen der Schwingung desselben entsprechend den eigenen charakteristischen Eigenschaften des Schwingers. Da der Ultraschall-Schwinger im Regelfall mit Hilfe eines piezoelektrischen Wandlers angeregt wird, dem die elektrische Leistung zugeführt wird, kann in der Phase des Abkling-Ausschwingens dieses Ultraschall-Schwingers von diesem Wandler umgekehrt ein elektrisches Signal abgenommen werden. Die Frequenz dieses abzunehmenden elektrischen Signals ist gleich der Eigenresonanzfrequenz des Schwingers und kann zur optimalen Steuerung der Frequenz der Anregungs-Wechselspannung für die Speisung im ersten Zeitintervall  $\Delta t_1$  genutzt werden. Das Auftreten eines solchen elektrischen Signals im zweiten Zeitintervall  $\Delta t_2$  ist auch eine Kontrolle für das Schwingen und die Zerstäubungsfunktion im ersten Zeitintervall  $\Delta t_1$ . Die Höhe und der zeitliche Verlauf — insbesondere die Zeitkonstante — des elektrischen Signals im Zeitintervall  $\Delta t_2$  ist auch ein Maß für die erreichte Schwingamplitude im Zeitintervall  $\Delta t_1$ . Eine geringere Höhe dieses im Zeitintervall  $\Delta t_2$  aufgenommenen elektrischen Signals weist auf stärkere Dämpfung des Ultraschall-Schwingers und damit auf relativ große Flüssigkeitszufuhr hin. Soweit

zulässig, kann die zugeführte elektrische Speiseleistung im Zeitintervall  $\Delta t_1$  vergrößert werden oder die Menge der pro Zeiteinheit zugeführten Flüssigkeit soweit verringert werden, bis das im Zeitintervall  $\Delta t_2$  abgenommene elektrische Signal auf wieder erreichtes optimales Schwingverhalten des Flüssigkeitszerstäubers hinweist.

Weitere Erläuterungen der Erfindung gehen auf der anhand der Figuren gegebenen Beschreibung hervor. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipanordnung eines Flüssigkeitszerstäubers mit elektronischer Anregungsschaltung.

Fig. 2 Ein Diagramm des zeitlichen Taktverlaufs eingespeister elektrischer Leistung.

Fig. 3 Ein Diagramm eines zeitlichen Taktverlaufs eingespeister elektrischer Leistung, wobei Gruppen von Speisetakten periodisch aufeinanderfolgen.

Fig. 4 Ein Diagramm des zeitlichen Verlaufs der Schwingungsamplitude des Ultraschall-Schwingers.

Fig. 5 ein Diagramm des zeitlichen Verlaufs der Amplitude des Ultraschall-Schwingers, wobei die Taktfolge nach den jeweils erreichten Schwingungsamplituden gesteuert wird.

Fig. 6 Ein Schaltungsbeispiel zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 7 Ein Schaltbild für eine gemäß der Weiterbildung der Erfindung vorgesehene Überwachung des Betriebsverhaltens des Ultraschall-Schwingers.

In Fig. 1 ist mit 1 der gesamte Ultraschall-Schwinger bezeichnet. Es ist dies z. B. ein Ultraschall-Schwinger nach der deutschen Patentschrift 20 32 433. Dieser Schwinger umfaßt eine piezokeramische Schelbe 2 als piezoelektrischer Wandler, an die die elektrische Anregungsspannung anzulegen ist. Mit 3 ist die Arbeitsplatte bezeichnet, auf deren Oberfläche 4 die Flüssigkeitszerstäubung 5 erfolgt. Mit 6 ist eine Zuführungsleitung und mit 7 eine in dieser Zuführungsleitung installierte Pumpe für die der Oberfläche 4 zuzuführende, zu zerstäubende Flüssigkeit bezeichnet.

Mit 11 ist die eigentliche Anregungselektronik bezeichnet und mit 12 ist auf eine gemäß einer Weiterbildung vorgesehene zusätzliche Elektronikschaltung hingewiesen, die der Überwachung des betriebsmäßigen Schwingverhaltens des Ultraschall-Schwingers 1 dient.

Über die Leitung 13 wird die von der Schaltung 11 abgegebene elektrische Leistung dem Wandler 2 zugeführt. Die Schaltung 11 wird an den Anschlüssen 14 z. B. mit 220 Volt Wechselspannung oder auch mit 12 Volt Gleichspannung gespeist. Mit 15 ist eine Verbindungsleitung zur Schaltung 12 bezeichnet, nämlich über die während der Speisepause im Zeitintervall  $\Delta t_2$  ein vom Wandler 2 zurückgeliefertes elektrisches Signal dieser Schaltung 12 zugeführt werden kann. Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß der Wandler 2 eine zusätzliche (Rückkopplungs-)Elektrode hat, die über die Leitung 15 mit der Schaltung 12 verbunden ist. Die Leitung 16 zwischen den Schal-



tungen 11 und 12 dient dazu, von der Schaltung 12 Auswertesignale an die Schaltung 11 zu liefern, um diese zu steuern. Diese Steuerung kann sich insbesondere auf die Frequenz  $f$  der Anregungs-Wechselspannung (z. B. im Bereich von 100 kHz), auf die obere Schwelle  $S_1$  der Schwingungsamplitude des Schwingers 1 und/oder auf die untere Schwingungsamplitude  $S_2$  desselben beziehen.

Mit den Leitungen 17 ist auf Steuersignalausgänge der Schaltung 12 hingewiesen, z. B. zu einer Leuchtdiode 18, die als Betriebssignallampe dienen kann, und zur Pumpe 7, deren Steuerung aus der Schaltung 12 stets angepaßte Menge der Flüssigkeitszufuhr zur Oberfläche 4 des Schwingers 1 gewährleisten kann.

Das Diagramm der Fig. 2 zeigt die über die Leitung 13 dem Wandler 2 und damit dem Schwinger 1 zugeführte elektrische Leistung  $N$ , aufgetragen über der Zeit. Die Takte 21 mit den ersten Zeitintervallen  $\Delta t_1$  sind die eigentlichen Speiseintervalle. In diesen Intervallen erhält der Schwinger 1 eine so große elektrische Leistung zugeführt, daß er selbst und damit auch die Arbeitsplatte 3 zuverlässig in die geforderte Ultraschall-Schwingung versetzt wird, und zwar unabhängig davon, ob auf der Oberfläche 4 der Platte 3 eine mehr oder weniger große Flüssigkeitsbelegung oder ein daran anhaftender Tropfen vorliegt. In den Zeitintervallen  $\Delta t_2$  wird elektrische Leistung entsprechend den Takten 22 zugeführt. Die Leistung der Takte 22 kann so hoch bemessen sein, daß kontinuierliches Weiterschwingen kontinuierlich weitere Zerstäubung 5 bewirkt. Die elektrische Leistung der Takte 22 kann aber den Wert Null haben, d. h. man läßt in den zweiten Zeitintervallen  $\Delta t_2$  den Schwinger 1 ausschwingen. Das Taktverhältnis  $\Delta t_1 : (\Delta t_1 + \Delta t_2)$  beträgt z. B. 4 ms : 20 ms, wobei letzterer Wert vorteilhafterweise aus der Netzfrequenz abgeleitet ist. Wichtig für das Taktverhältnis ist, daß zusammen mit dem Leistungsverhältnis  $N_1$  zu  $N_2$  die zulässigerweise zuzuführende mittlere elektrische Leistung nicht überschritten wird, aber dennoch mit der Höhe der Leistung  $N_1$  stets sicheres Anschwingen gewährleistet ist.

Fig. 3 zeigt das Diagramm der elektrischen Leistung  $N$ , wiederum aufgetragen über der Zeit  $t$ , jedoch mit Gruppen von — bei diesem Beispiel jeweils drei — Takten 37. Ein jeder dieser Takte 31 hat die Länge eines Zeitintervalls  $\Delta t_1'$  von z. B. 1 ms Dauer. Die Repetition dieser Takte 31 innerhalb einer Gruppe ist vorzugsweise periodisch mit der Frequenz  $F_1$ . Die Gruppen 32 bestehen aus der jeweiligen Anzahl der Einzeltakte 31, haben vorzugsweise ebenfalls periodische Repetition mit der Frequenz  $F_2$ . Insbesondere wird diese Frequenz  $F_2$  zwischen 10 und 100 Hz, vorzugsweise 50 Hz (60 Hz), gewählt. Für das Maß der bereits obenerwähnten zugeführten mittleren elektrischen Leistung kommt es auf die Summe der Zeitintervalle  $\Delta t_1'$  einer einzelnen Gruppe 32 im Verhältnis zur Periodendauer der Repetitionsfrequenz  $F_2$  an.

Das Diagramm der Fig. 4 zeigt ein sich bei Speisung mit Anregungsleistung nach Fig. 3 er-

gebender Amplitudenverlauf der Schwingung des Schwingers 1 bzw. der Arbeitsplatte 3. Da zwischen dem letzten Zeitintervall  $\Delta t_1'$  der einen Gruppe 32 und dem ersten Zeitintervall  $\Delta t_1'$  der folgenden Gruppe 32 nach Fig. 3 keine elektrische Leistungszufuhr vorgesehen ist, erfolgt in diesem Zeitintervall  $\Delta t_2$  ein asymptotisches Abklingen bis zum erneuten Wiederanschwingen.

Es ist bereits oben darauf hingewiesen worden, daß es von Vorteil sein kann, die Schwingungsamplitude  $A$  zwischen einer oberen Schwelle  $S_1$  und einer unteren Schwelle  $S_2$  zu halten, wie dies Fig. 5 zeigt. Die Zeitintervalle des  $\Delta t_1$  bzw. das Zeitintervall, in dem Zeitintervalle  $\Delta t_1'$  (Fig. 3) vorliegen, und das Zeitintervall  $\Delta t_2$  ergeben sich dann aus dem jeweiligen Betriebsschwingungsverhalten des Schwingers 1 und sind hier in ihrer zeitlichen Länge über die Dauer betrachtet variabel. Wie ebenfalls bereits oben erwähnt, erfolgt die Steuerung der Zeitintervalle  $\Delta t_1$  und  $\Delta t_2$  mit Hilfe der Schaltung 12, in der ein über die Leitung 15 geliefertes Rücksignal des Schwingers 1 ausgewertet wird.

Fig. 6 zeigt ein vollständiges Schaltbild für eine Schaltung 11 zur Erzeugung der den Schwinger 1 speisenden elektrischen Leistung. Die Repetitionsfrequenz wird in dieser Schaltung von dem Generator 61 geliefert. Mit dem Generator 62 wird die Frequenz  $f$  der über die Leitung 13 zuzuführenden Wechselspannung, z. B. 100 kHz, gesteuert. Der Schaltungsteil 63 ist eine Treiberstufe und der Transistor 64 ist die Endstufe. Das Schaltungsteil 65 mit der Zenerdiode dient der Korrektur einer Schwankung der Versorgungsspannung 66. Die weiteren Einzelheiten der Schaltung gehen für den Fachmann ohne weiteres erkennbar aus dem Schaltbild hervor.

Fig. 7 zeigt ein Schaltungsbeispiel für eine Schaltung 12. Es sind mit 71 das für eine Signalverzögerung vorgesehene Schaltungsteil und mit 72 der Signalkomparator bezeichnet.

Auch dieses Schaltbild bedarf für den Fachmann keiner weiteren Erläuterung.

In Fig. 3 ist mit 35 ein Vorimpuls gezeigt, der zeitlich vor Ingangsetzen des eigentlichen Zerstäuberbetriebs dem Schwinger 1 zugeführt wird. Es ist dies vorzugsweise ein Burstimpuls (Schwingungspaket) mit vorteilhafterweise eins bis zwanzig Schwingungen mit einer Frequenz, die wenigstens angenähert gleich der Resonanzfrequenz des Schwingers 1 ist.

Der Vorimpuls stößt eine Schwingung des Schwingers 1 an und dessen Abklingsschwingung 45 (in Fig. 4) wird, wie oben schon beschrieben, zur Anfangssteuerung der Frequenz  $f$  der über die Leitung 13 zuzuführenden Anregungswechselspannung genutzt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Ultraschall-Schwingers (1) zur Flüssigkeitszerstäubung, wobei der Schwinger (1) von einer Anregungselektronik (11) mit einer elektrischen Wechselspan-



nung gespeist wird deren Frequenz ( $F_2$ ), auf die optimale Schwingungsleistung des Schwingers (1) abstimbar ist, gekennzeichnet dadurch, daß die eingespeiste elektrische Leistung ( $N$ ) zeitlich repetierlich getaktet erfolgt, wobei für ein erstes Zeitintervall ( $\Delta t_1$ ) die eingespeiste Leistung ( $N_1$ ) so hoch bemessen ist, daß die Einsatzschwelle ( $E$ ) für tatsächlich eintretende Flüssigkeitszerstäubung (5) auch bei ungünstigster Betriebs-Anschwingbedingung genügend hoch überschritten ist, wobei für ein zweites Zeitintervall ( $\Delta t_2$ ) die eingespeiste Leistung ( $N_2$ ) vergleichsweise zum Zeitintervall ( $\Delta t_1$ ) geringer bemessen ist und wobei der Mittelwert der eingespeisten Leistung ( $N_1 + N_2$ ), gemittelt über die beiden Zeitintervalle ( $\Delta t_1, \Delta t_2$ ) zusammengekommen auf die pro Zeiteinheit zugeführte, zu zerstäubende Flüssigkeitsmenge (7) angepaßt bemessen ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß während eines zweiten Zeitintervalls ( $\Delta t_2$ ) keine elektrische Leistung ( $N_2 = 0$ ) eingespeist wird und wobei zur weiteren Flüssigkeitszerstäubung (5) in diesem zweiten Zeitintervall ( $\Delta t_2$ ) die im Schwinger (1) gespeicherte mechanische Leistung genutzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Länge eines ersten Zeitintervalls ( $\Delta t_1$ ) 25 bis 200 % der Betriebs-Anschwingzeitkonstanten  $\tau$  des Schwingers beträgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Repetition der Zeitintervalle ( $\Delta t_1, \Delta t_2$ ) mit einer Frequenz ( $F_2$ ) von 10 bis 100 Hz erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, gekennzeichnet dadurch, daß die Repetition ( $F_2$ ) mit der Netzfrequenz (50 oder 60 Hz) durchgeführt wird, wobei hierfür ungesiebte, gleichgerichtete Wechselspannung des Netzes zur Versorgung (14) der Anregungsschaltung (11) verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß für eine Gruppe (32) bestehend aus mehreren Takten (31) aufeinanderfolgender erster Zeitintervalle ( $\Delta t_1$ ) mit einer ersten Repetitionsfrequenz ( $F_1$ ) eine zweite Repetitionsfrequenz ( $F_2$ ) mit Werten von 10 bis 100 Hz verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, gekennzeichnet dadurch, daß die erste Repetitionsfrequenz ( $F_1$ ) etwa gleich dem 0,2- bis 2-fachen des Reziprokwertes der Anschwingzeitkonstanten  $\tau$  des Schwingers (1) gewählt ist.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, gekennzeichnet dadurch, daß die Anzahl der Takte (31) einer jeweiligen Gruppe (32) gleich 2 bis 10 oder  $2^n$  ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet dadurch, daß eine obere Schwelle ( $S_1$ ) und eine untere Schwelle ( $S_2$ ) für die Schwingungsamplituden ( $A$ ) des Schwingers (1) vorgegeben werden, wobei die obere Schwelle ( $S_1$ ) größer als die zur Zerstäubung notwendige Mindestamplitude ( $E$ ) des Schwingers (1) bemessen ist und wobei der Wechsel vom jeweils ersten Zeitintervall ( $\Delta t_1, \Delta t_1'$ ) zum nachfolgenden zweiten

Zeitintervall ( $\Delta t_2$ ) bei Erreichen der oberen Schwelle ( $S_1$ ) erfolgt und wobei der Wechsel vom zweiten Zeitintervall ( $\Delta t_2$ ) zum nachfolgenden ersten Zeitintervall ( $\Delta t_1, \Delta t_1'$ ) bei Erreichen der unteren Schwelle ( $S_2$ ) erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, gekennzeichnet dadurch, daß eine Auswertung des im zweiten Zeitintervall ( $\Delta t_2$ ) erfolgenden zeitlichen Abklingens der Schwingungsamplitude ( $A$ ) des Schwingers (1) vorgenommen wird, wobei ein vom Schwinger geliefertes, diesem Abklingen entsprechendes elektrisches Signal (15) aufgenommen wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet dadurch, daß die Auswertung des elektrischen Signals (15) des Abklingens des Schwingers (1) des zweiten Zeitintervalls ( $\Delta t_2$ ) zur Überwachung (18) ordnungsgemäßen Betriebs des Schwingers genutzt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, gekennzeichnet dadurch, daß das elektrische Signal (15) des Abklingens des Schwingers im zweiten Zeitintervall ( $\Delta t_2$ ) zur Steuerung des Unterbrechens und/oder (Wieder-) Einschaltens einer Flüssigkeitszufuhr (7) genutzt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 10, 11 oder 12, gekennzeichnet dadurch, daß das elektrische Signal (15) des Abklingens des Schwingers im zweiten Zeitintervall ( $\Delta t_2$ ) zur abgestimmten Steuerung der Flüssigkeitszufuhr (7) und der eingespeisten mittleren elektrischen Leistung ( $N_1 + N_2$ ) benutzt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, gekennzeichnet dadurch, daß das elektrische Signal (15) des Abklingens des Schwingers (1) im zweiten Zeitintervall ( $\Delta t_2$ ) zur Überwachung und Steuerung der Einspeisung für des betriebsgemäße Überschreiten der Einsatzschwelle ( $E$ ) genügend hoch bemessener elektrischer Leistung ( $N_1$ ) während des ersten Zeitintervalls ( $\Delta t_1$ ) genutzt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, gekennzeichnet dadurch, daß die Frequenz des elektrischen Signals (15) des Abklingens des Schwingers (1) im zweiten Zeitintervall ( $\Delta t_2$ ) zur Steuerung der Frequenz ( $f$ ) der Anregungswechselspannung für die Speisung des Schwingers (1) genutzt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet dadurch, daß die Frequenz des elektrischen Signals (15) des Abklingens des Schwingers (1), das nach einer Speisung des Schwingers (1) mit einem anregenden Vorimpuls (35) zu erhalten ist, für die Bestimmung der Frequenz ( $f$ ) der den Schwinger (1) anregenden elektrischen Wechselspannung (13) genutzt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, gekennzeichnet dadurch, daß der Vorimpuls (35) ein Burst-Signal (Schwingungspaket) mit nur wenigen Schwingungen ist.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, gekennzeichnet dadurch, daß durch eine geregelte Änderung der Länge der ersten und/oder der zweiten Zeitintervalle ( $\Delta t_1, \Delta t_2$ ) die mittlere elektrische Leistung ( $N_1 + N_2$ ) unabhängig von



Schwankungen der Versorgungsspannung (66) konstant gehalten wird.

## Claims

1. Method of driving an ultrasonic oscillator (1) for atomisation of liquid, the oscillator (1) being supplied by excitation electronics (11) having an electrical alternating voltage, the frequency ( $F_2$ ) of which can be tuned to the optimum oscillatory power of the oscillator (1), characterised in that the electrical power (N) supplied is timed to occur in repeated cycles, the power ( $N_1$ ) supplied for a first time interval ( $\Delta t_1$ ) being rated so high that the starting threshold (E) for actually occurring atomisation of liquid (5) is sufficiently highly exceeded even when the condition of operational oscillation build-up is unfavourable, the power ( $N_2$ ) supplied for a second time interval ( $\Delta t_2$ ) being rated lower by comparison with the time interval ( $\Delta t_1$ ), and the mean of the power  $(N_1 + N_2)$  supplied, as averaged over the two time intervals ( $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ) taken together, being matched to the quantity of liquid (7) which is fed per unit time and is to be atomised.

2. Method according to Claim 1, characterised in that during a second time interval ( $\Delta t_2$ ) no electric power ( $N_2 = 0$ ) is supplied, the mechanical power stored in the oscillator (1) being used for further atomisation of liquid (5) in this second time interval ( $\Delta t_2$ ).

3. Method according to Claim 1 or 2, characterised in that the length of a first time interval ( $\Delta t_1$ ) amounts to 25 to 200 % of the operational oscillation build-up time constant  $\tau$  of the oscillator.

4. Method according to Claim 1, 2 or 3, characterised in that the repetition of the time intervals ( $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ) takes place with a frequency ( $F_2$  of 10 to 100 Hz.

5. Method according to Claim 4, characterised in that the repetition ( $F_2$ ) is carried out with the mains frequency (50 or 60 Hz), unfiltered, rectified alternating voltage of the mains for the supply (14) of the excitation circuit (11) being employed for this purpose.

6. Method according to one of Claims 1 to 5, characterised in that a second repetition frequency ( $F_2$ ) having values from 10 to 100 Hz is employed for a group (32) consisting of several cycles (31) of sequential first time intervals ( $\Delta t_1$ ) having a first repetition frequency ( $F_1$ ).

7. Method according to Claim 6, characterised in that the first repetition frequency ( $F_1$ ) is chosen to be approximately equal to 0.2 to 2 times the reciprocal of the oscillation build-up time constant  $\tau$  of the oscillator (1).

8. Method according to Claim 6 or 7, characterised in that the number of the cycles (31) of a particular group (32) is equal to 2 to 10 or  $2^4$ .

9. Method according to one of Claims 1 to 8, characterised in that an upper threshold ( $S_1$ ) and a lower threshold ( $S_2$ ) are stipulated for the amplitudes of oscillation (A) of the oscillator (1), the upper threshold ( $S_1$ ) being rated higher than

the minimum amplitude (E) of the oscillator (1) required for atomisation, and the change from the particular first time interval ( $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_1'$ ) to the subsequent second time interval ( $\Delta t_2$ ) taking place when the upper threshold ( $S_1$ ) is reached, and the change from the second time interval ( $\Delta t_2$ ) to the subsequent first time interval ( $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_1'$ ) taking place when the lower threshold ( $S_2$ ) is reached.

10. Method according to one of Claims 2 to 9, characterised in that an evaluation is undertaken of the temporary damping of the amplitude of oscillation (A) of the oscillator (1) taking place in the second time interval ( $\Delta t_2$ ), an electrical signal (15) being received, which is delivered from the oscillator and corresponds to this damping.

11. Method according to Claim 10, characterised in that the evaluation of the electrical signal (15) of the damping of the oscillator (1) during the second time interval ( $\Delta t_2$ ) is used to monitor (18) the correct operation of the oscillator.

12. Method according to Claim 10 or 11, characterised in that the electrical signal (15) of the damping of the oscillator during the second time interval ( $\Delta t_2$ ) is used to control the interruption and/or (re-)starting of a liquid feed (7).

13. Method according to Claim 10, 11 or 12, characterised in that the electrical signal (15) of the damping of the oscillator during the second time interval ( $\Delta t_2$ ) is used for tuned control of the liquid feed (7) and of the mean electrical power  $(N_1 + N_2)$  supplied.

14. Method according to one of Claims 10 to 13, characterised in that the electrical signal (15) of the damping of the oscillator (1) during the second time interval ( $\Delta t_2$ ) is used during the first time interval ( $\Delta t_1$ ) to monitor and control the supply of electrical power ( $N_1$ ) rated sufficiently highly for the operational overshooting of the starting threshold (E).

15. Method according to one of Claims 10 to 14, characterised in that the frequency of the electrical signal (15) of the damping of the oscillator (1) during the second time interval ( $\Delta t_2$ ) is used to control the frequency (f) of the excitation alternating voltage for the supply of the oscillator (1).

16. Method according to Claim 10, characterised in that the frequency of the electrical signal (15) of the damping of the oscillator (1), which is to be obtained after the oscillator (1) has been supplied with an exciting prepulse (35), is used to determine the frequency (f) of the electrical alternating voltage (13) which excites the oscillator (1).

17. Method according to Claim 16, characterised in that the prepulse (35) is a burst signal (sine beat) having only a few oscillations.

18. Method according to one of Claims 1 to 17, characterised in that the mean electrical power  $(N_1 + N_2)$  is held constant independently of fluctuations in the supply voltage (66) by means of a controlled change in the length of the first and/or the second time intervals ( $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ).



## Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner un oscillateur ultrasonore (1) servant à la pulvérisation de liquide, selon lequel l'oscillateur (1) est alimenté par une électronique d'excitation (11) avec une tension électrique alternative dont la fréquence ( $F_2$ ) peut être accordée sur la puissance d'oscillation optimale de l'oscillateur (1), caractérisé en ce que l'alimentation en puissance électrique (N) s'effectue cycliquement et de façon répétitive dans le temps, la puissance ( $N_1$ ) appliquée pendant un premier intervalle de temps ( $\Delta t_1$ ) étant choisie de manière que le seuil d'entrée en action (E) de la pulvérisation de liquide effective (5) soit également dépassé dans une mesure suffisante lorsque les conditions d'amorçage de l'oscillation sont les plus défavorables, la puissance ( $N_2$ ) appliquée pendant un second intervalle de temps ( $\Delta t_2$ ) étant inférieure à celle appliquée dans l'intervalle de temps ( $\Delta t_1$ ), et la valeur moyenne de la puissance appliquée ( $N_1 + N_2$ ), prise sur les deux intervalles de temps ( $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ), étant globalement adaptée à la quantité de liquide (7) à pulvériser qui est amenée par unité de temps.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pendant un second intervalle de temps ( $\Delta t_2$ ), il n'y a pas d'alimentation en puissance électrique ( $N_2 = 0$ ), la poursuite de la pulvérisation de liquide (5) dans ce second intervalle étant assurée par la puissance mécanique accumulée dans l'oscillateur (1).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la longueur d'un premier intervalle de temps ( $\Delta t_1$ ) est égale à 25 et 200 % de la constante de temps d'amorçage  $\tau$  de l'oscillateur.

4. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que la fréquence de répétition ( $F_2$ ) des intervalles de temps ( $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ) est comprise entre 10 et 100 Hz.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la répétition est effectuée à une fréquence ( $F_2$ ) qui correspond à la fréquence du secteur (50 ou 60 Hz), avec utilisation, dans ce but, pour l'alimentation (14) du circuit d'excitation (11), de la tension alternative redressée, non filtrée, du secteur.

6. Procédé selon une des revendications 1 à 5, caractérisé par l'utilisation d'une première fréquence de répétition ( $F_1$ ) pour des premiers intervalles de temps ( $\Delta t_1$ ) d'impulsions (31) qui se succèdent dans un groupe (32), et par l'utilisation d'une seconde fréquence de répétition ( $F_2$ ), comprise entre 10 et 100 Hz, pour des groupes (32) qui se suivent.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la première fréquence de répétition ( $F_1$ ) est choisie à peu près égale à 0,2 à 2 fois la valeur réciproque de la constante de temps d'amorçage  $\tau$  de l'oscillateur (1).

8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que le nombre des impulsions (31) d'un groupe (32) est égal à 2 à 10 ou  $2^i$ .

9. Procédé selon une des revendications 1 à 8,

caractérisé par la fixation préalable d'un seuil supérieur ( $S_1$ ) et d'un seuil inférieur ( $S_2$ ) pour les amplitudes d'oscillation (A) de l'oscillateur (1), le seuil supérieur ( $S_1$ ) dépassant l'amplitude minimale (E) de l'oscillateur (1) nécessaire pour la pulvérisation, le passage du premier intervalle de temps ( $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_1'$ ) au second intervalle de temps ( $\Delta t_2$ ) suivant s'opérant lorsque le seuil supérieur ( $S_1$ ) est atteint et le passage du second intervalle de temps ( $\Delta t_2$ ) au premier intervalle de temps ( $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_1'$ ) suivant s'opérant lorsque le seuil inférieur ( $S_2$ ) est atteint.

10. Procédé selon une des revendications 2 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend l'exploitation de l'évanouissement dans le temps de l'amplitude de l'oscillation (A) de l'oscillateur (1), se produisant dans le second intervalle de temps ( $\Delta t_2$ ), avec prélèvement d'un signal électrique (15) fourni par l'oscillateur et correspondant à cet évanouissement.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'exploitation du signal électrique (15) de l'évanouissement de la vibration de l'oscillateur (1), dans le second intervalle de temps ( $\Delta t_2$ ), est utilisée pour la surveillance (18) du fonctionnement convenable de l'oscillateur.

12. Procédé selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que le signal électrique (15) de l'évanouissement de la vibration, dans le second intervalle de temps ( $\Delta t_2$ ), est utilisé pour commander l'interruption et/ou l'enclenchement ou le réenclenchement d'une alimentation en liquide (7).

13. Procédé selon la revendication 10, 11 ou 12, caractérisé en ce que le signal électrique (15) de l'évanouissement de la vibration de l'oscillateur, dans le second intervalle de temps ( $\Delta t_2$ ), est utilisé pour le réglage accordé de l'alimentation en liquide (7) et de la puissance électrique moyenne ( $N_1 + N_2$ ) appliquée.

14. Procédé selon une des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que le signal électrique (15) de l'évanouissement de la vibration de l'oscillateur (1), dans le second intervalle de temps ( $\Delta t_2$ ), est utilisé pour surveiller et régler l'alimentation en puissance électrique ( $N_1$ ) au cours du premier intervalle de temps ( $\Delta t_1$ ), afin que cette puissance dépasse suffisamment le seuil (E) d'entrée en action de la pulvérisation.

15. Procédé selon une des revendications 10 à 14, caractérisé en ce que la fréquence du signal électrique (15) de l'évanouissement de la vibration de l'oscillateur (1), dans le second intervalle de temps ( $\Delta t_2$ ) est utilisée pour régler la fréquence (f) de la tension alternative d'excitation servant à l'alimentation de l'oscillateur (1).

16. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la fréquence du signal électrique (15) de l'évanouissement de la vibration de l'oscillateur (1), signal qui peut être obtenu après l'alimentation de l'oscillateur (1) avec une préimpulsion (35) d'excitation, est utilisée pour déterminer la fréquence (f) de la tension électrique alternative (13) d'excitation de l'oscillateur (1).

17. Procédé selon la revendication 16, caracté-



risé en ce que la préimpulsion (35) est une salve ou paquet d'oscillations qui ne comporte qu'un faible nombre d'oscillations.

18. Procédé selon une des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que la puissance électrique

moyenne  $\overline{(N_1 + N_2)}$  est maintenue constante, indépendamment de fluctuations de la tension d'alimentation (66), par une variation réglée de la longueur du premier et/ou du second intervalle de temps ( $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

8





FIG 1

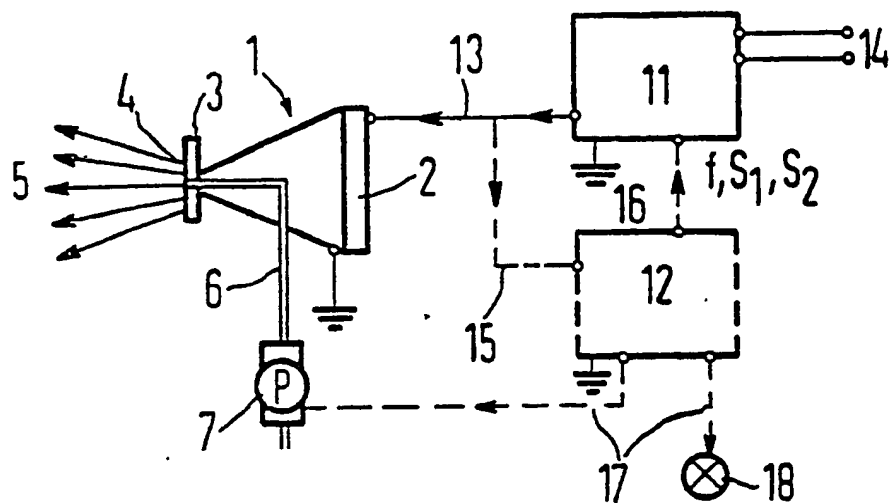


FIG 2

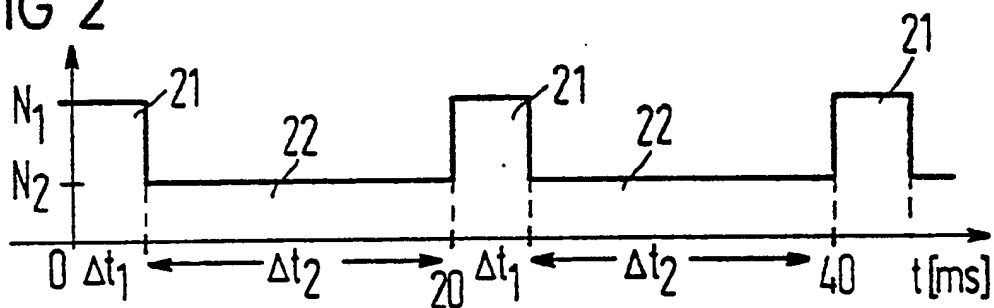


FIG 3

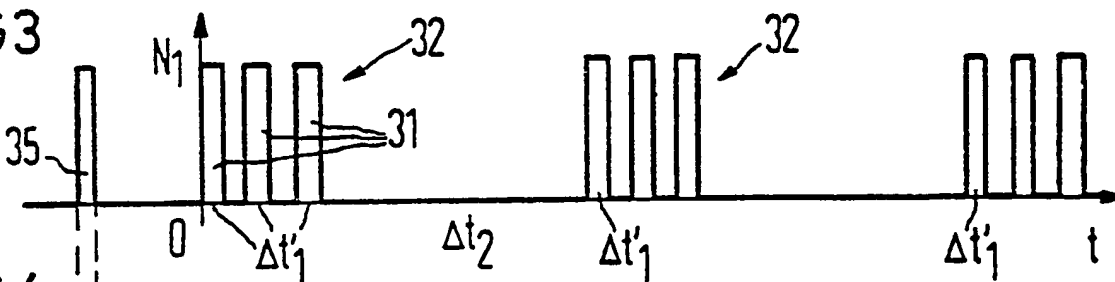
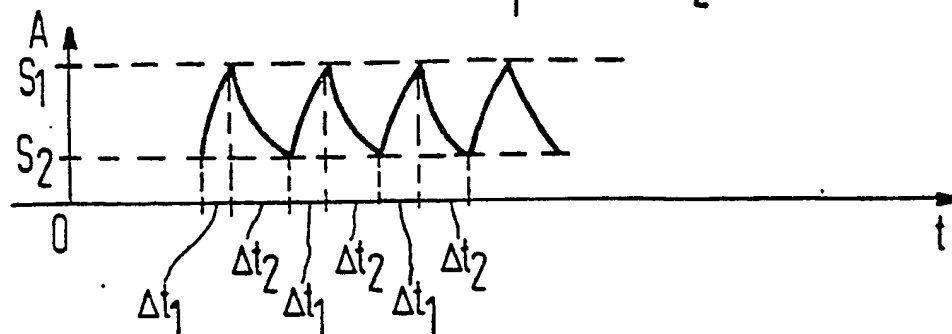


FIG 4



FIG 5



9616

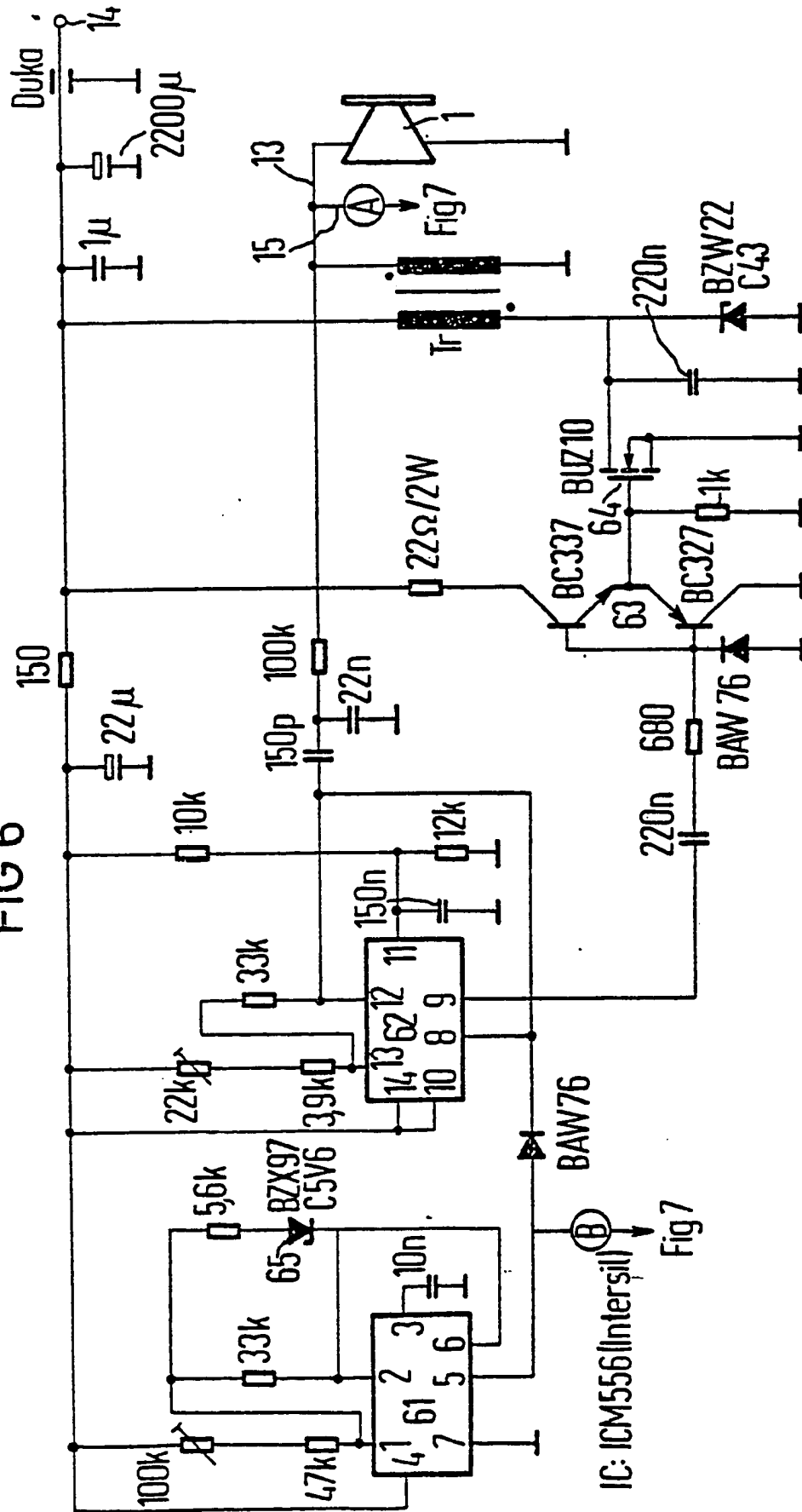
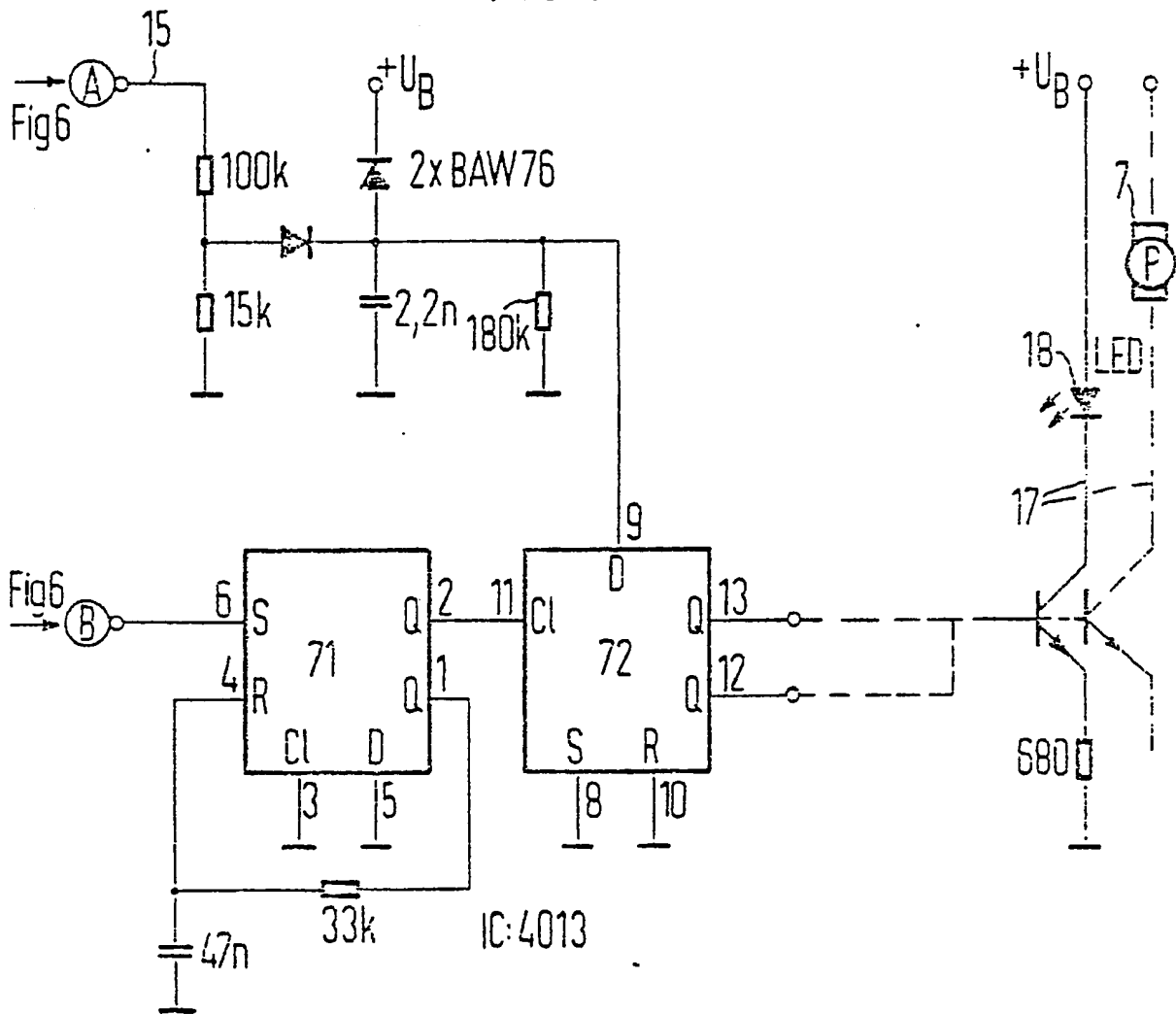


FIG 7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**